荣昌哺乳母猪标准回肠可消化赖氨酸适宜需要量研究

黄金秀[1] 王瑞生[1*] 蒋亚东[2] 王 敬[1] 肖 融[1] 江 山[1] 刘作华[1] 杨飞云[1**1]

（1.重庆市畜牧科学院，农业部养猪科学重点实验室，养猪科学重庆市市级重点试验室，重庆 402460；2.重庆市璧山区大兴镇农业服务中心，重庆 402768）

摘 要：本试验旨在通过研究哺乳期饲粮不同赖氨酸水平对荣昌母猪生产性能、血液指标和乳成分的影响，以确定荣昌哺乳母猪标准回肠可消化赖氨酸（SID Lys）的适宜需要量。选取 2～3 胎血缘相近的荣昌母猪 50 头，到妊娠 110 d 时按体况随机分为 5 组（每组 10 个重复，每个重复 1 头猪），分别饲喂 SID Lys 水平为 0.60%（组 1）、0.70%（组 2）、0.80%（组 3）、0.90%（组 4）和 1.00%（组 5）的饲粮，哺乳期 28 d。结果表明：1）提高饲粮 SID Lys 水平有减少母猪体重损失的趋势（P=0.0689）；高水平（1.00%）的 SID Lys 比 0.60%～0.80%SID Lys 显著降低了 1～14 日龄仔猪平均日采食量（P<0.05），但饲粮 SID Lys 水平对仔猪哺乳全期的生长没有显著影响（P>0.05）。2）哺乳第 14 天的母猪血清尿素氮含量随饲粮 SID Lys 水平的提高均有不同程度的降低，其中组 3～组 5 显著低于组 1（P<0.05）。饲粮 SID Lys 水平对哺乳第 28 天的母猪血清胰岛素、类胰岛素样生长因子-Ⅰ、促黄体素和促卵泡素水平均无显著影响（P>0.05），但显著影响了血清雌二醇水平（P<0.05），其中组 4 显著高于组 1、组 2 和组 5（P<0.05）。饲粮 SID Lys 水平对初乳的成分指标没有显著影响（P>0.05），但常乳中的非脂固形物和乳蛋白含量及乳密度随饲粮 SID Lys 水平的提高均有不同程度地增加，其中组 4 和组 5 显著高于组 1（P<0.05）。通过对母猪哺乳期体重变化、血清尿素氮和雌二醇含量进行二次曲线模拟，得到荣昌哺乳母猪饲粮 SID Lys 的适宜水平为 0.83%~0.89%。

关键词：赖氨酸；生产性能；血液指标；乳成分；荣昌哺乳母猪

中图分类号：S828

哺乳母猪乳腺良好发育和充足产奶量是保证哺乳仔猪快速增长的前提。赖氨酸作为玉米-豆粕型饲粮的第一限制性氨基酸，满足哺乳母猪对赖氨酸的需求对于母猪和仔猪的生产性能都至关重要。研究发现，适当提高哺乳母猪饲粮赖氨酸水平能减少母猪体重损失，改变血液性激素水平，缩短断奶至发情间隔[1-2]；并通过影响母猪产奶量和乳成分，改善哺乳仔猪

收稿日期：2018-01-05
基金项目：农业部农业科研杰出人才培养计划（16202）；重庆市农发资金项目（15413）
作者简介：黄金秀（1977—），女，江西进贤人，博士研究生，从事猪的营养与品质调控研究。E-mail: short00@163.com
*同等贡献作者
**通信作者：杨飞云，研究员，硕士生导师，E-mail: yfeiyun@yeah.net

窝增重和、平均日增重[3-5]。NRC（2012）[6]根据胎次、哺乳期母猪失重和仔猪日增重，将哺乳期母猪标准回肠可消化赖氨酸（SID Lys）的需要量推荐为：初产母猪在采食量为5.65～5.67 kg/d时，饲粮SID Lys水平为0.75%～0.87%，SID Lys需要量为42.5～49.2 g/d；经产母猪在采食量为6.30 kg/d时，饲粮SID Lys水平为0.72%～0.84%，SID Lys需要量为45.3～52.9 g/d。同时，不同品种母猪因体型、产仔数的差异也会影响其在哺乳期的赖氨酸需要量[7]。目前关于哺乳母猪赖氨酸营养需要的研究集中于长白×大白等外种猪，而针对我国地方母猪的研究相当匮乏。本试验将以我国优良地方品种荣昌母猪为对象，研究哺乳期饲粮不同SID Lys水平对母猪生产性能、血液指标和乳成分的影响，以评定荣昌哺乳母猪SID Lys的适宜需要量，为实际生产中荣昌母猪科学饲养、修订荣昌猪饲养标准提供试验依据。

1　材料与方法

1.1　试验动物与处理

选取2～3胎血缘相近、发情时间相对集中的荣昌母猪50头，发情后用长白公猪精液进行人工授精；配种后饲喂相同饲粮，妊娠前期（≤90 d）每天每头饲喂1.5 kg，妊娠后期（91～110 d）每天每头饲喂2.0 kg。到妊娠110 d，试验猪按体况随机分为5组，分别饲喂5种不同SID Lys水平的哺乳期饲粮，即0.60%（组1）、0.70%（组2）、0.80%（组3）、0.90%（组4）和1.00%（组5）。每组10个重复，每个重复1头母猪。分娩前5 d逐渐减料，哺乳期28 d，母猪自由采食，自由饮水，保持猪舍清洁卫生，每周消毒1次。试验母猪于2015年5～6月进行配种，10～11月分娩，妊娠期和哺乳期饲养在同一圈舍内，分娩后仔猪保温箱用红外灯供暖，舍内平均温度20～22 ℃。仔猪按常规管理程序进行断脐、剪齿和打耳缺，2 h内吃足初乳，3日龄给每头仔猪补充右旋糖酐铁注射液1.5 mL，7日龄补料。

1.2　试验饲粮

哺乳母猪的基础饲粮参照荣昌猪饲养标准（GB/T 7223-2008）和中国《猪饲养标准》（NY/T 65-2004）进行配制，代谢能为13.50 MJ/kg，粗蛋白质水平为15.51%，理想氨基酸模式参考NRC（2012）[6]。妊娠前期和后期的饲粮代谢能分别为11.75和12.50 MJ/kg，SID Lys水平分别为0.55%和0.70%。试验饲粮组成及营养水平见表1。

表1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　%

项目	组别 Groups				
Items	1	2	3	4	5

原料 Ingredients					
玉米 Corn	63.44	65.68	65.71	66.10	67.00
大豆粕 Soybean meal	18.90	21.30	21.00	20.66	20.40
小麦麸 Wheat bran	7.10	4.70	4.70	4.50	3.76
大豆油 Soybean oil	5.10	4.70	4.80	4.80	4.75
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	1.90				
石粉 Limestone	0.40	0.39	0.38	0.38	0.38
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.23	1.23	1.25	1.25	1.25
L-赖氨酸 *L*-Lys		0.09	0.22	0.36	0.50
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
L-苏氨酸 *L*-Thr	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10
L-色氨酸 *L*-Trp	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
L-缬氨酸 *L*-Vla	0.16	0.16	0.17	0.17	0.18
氯化胆碱 Choline chloride	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
食盐 NaCl	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
小苏打 $NaHCO_3$	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
预混料 Premix[1)]	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
代谢能 ME/（MJ/kg）	13.51	13.50	13.50	13.50	13.50
粗蛋白质 CP	15.52	15.51	15.52	15.51	15.50
钙 Ca	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
总磷 TP	0.64	0.63	0.64	0.63	0.63
有效磷 AP	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
总赖氨酸 Total Lys	0.71	0.82	0.91	1.01	1.11
总蛋氨酸 Total Met	0.27	0.26	0.26	0.27	0.26
总苏氨酸 Total Thr	0.66	0.66	0.67	0.66	0.66
总色氨酸 Total Trp	0.19	0.19	0.20	0.19	0.19
总缬氨酸 Total Val	0.85	0.86	0.86	0.85	0.86

总异亮氨酸 Total Ile	0.59	0.60	0.60	0.59	0.58
标准回肠可消化赖氨酸 SID Lys	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
标准回肠可消化蛋氨酸 SID Met	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
标准回肠可消化苏氨酸 SID Thr	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
标准回肠可消化色氨酸 SID Trp	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
标准回肠可消化缬氨酸 SID Val	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
标准回肠可消化异亮氨酸 SID Ile	0.51	0.52	0.51	0.51	0.50

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 35 000 IU，VK_3 6.25 mg，VB_6 5 mg，烟酸 niacin 8 mg，VD_3 6 000 IU，VB_1 2.8 mg，VB_{12} 3 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 75 mg，VE 150 mg，VB_2 11 mg，叶酸 folacin 4 mg，生物素 biotin 1.5 mg，Fe 80 mg，Cu 20 mg，Zn 100 mg，Mn 25 mg，Se 0.15 mg，I 0.14 mg。

2) 营养水平除代谢能、赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、缬氨酸和色氨酸为计算值外，其余均为实测值。ME, Lys, Met, Thr, Ile, Val and Trp were calculated values, while the others were analyzed values.

1.3 测定指标与方法

1.3.1 母猪生产性能

分别在分娩后 24 h 内和哺乳结束 24 h 内测定母猪体重，计算母猪哺乳期的体重变化。记录母猪哺乳期采食量、产活仔数、死胎数、仔猪寄养情况和断奶仔猪数，计算哺乳期仔猪死亡率；称仔猪初生重以及 14 和 28 日龄体重，计算仔猪平均日增重；观察母猪断奶后的发情情况，并记录断奶至发情间隔。

1.3.2 血清生化指标和相关激素

分别在哺乳期第 14 天和第 28 天对母猪进行空腹前腔静脉采血 10 mL，分装于 2 个 5 mL 真空促凝管中，3 000 r/min 离心 20 min，收集血清，于-20 ℃保存，用于分析血清生化指标和相关激素水平。

采用全自动生化分析仪（日立 7020）测定血清总蛋白、白蛋白、尿素氮、葡萄糖、胆固醇和免疫球蛋白 G（IgG）的含量，生化试剂盒购自四川迈克生物科技股份有限公司。采用放射免疫计数法（r-911 全自动放免计数仪）测定血清胰岛素、类胰岛素样生长因子-Ⅰ、雌二醇、促黄体素和促卵泡素水平，激素试剂盒购自北京华英生物技术研究所。

1.3.3 初乳氨基酸含量

在母猪分娩当天（初乳）和哺乳期第 28 天（常乳），每组随机选择 5 头母猪，分别从前、中、后 3 个部位的乳头采集乳样后混合，每头约 10 mL，于-20 ℃保存备用。初乳中氨基酸

含量采用氨基酸自动分析仪进行测定。

1.4 数据处理与统计分析

用 Excel 2010 进行数据预处理，采用 SAS 9.0 系统中一般线性模型（GLM）程序进行方差分析。方差分析显著者，以 LSD 法比较平均数间的差异显著性。统计显著性水平为 P<0.05。

2 结果与分析

2.1 饲粮赖氨酸水平对哺乳母猪生产性能和哺乳仔猪生长性能的影响

由表 2 可知，各组母猪分娩体重和产活仔数无显著差异（P>0.05）。饲粮 SID Lys 水平对母猪断奶体重有显著影响（P<0.05），组 5 显著高于组 1 和组 2（P<0.05）。母猪哺乳期体重损失随饲粮 SID Lys 水平的提高均有不同程度的降低，且呈二次曲线变化：Y=-71.4X^2+127.4X-69.9（r=0.89），当饲粮 SID Lys 水平为 0.89%时，母猪体重损失最小。母猪哺乳期日采食量和每日代谢能摄入量不受饲粮 SID Lys 水平的显著影响（P>0.05），但组 3 和组 4 呈现降低趋势。各组的断奶至发情间隔也没有显著差异（P>0.05），在数值上组 4 最低。

表 2 饲粮赖氨酸水平对哺乳母猪生产性能的影响

Table 2 Effects of dietary lysine levels on production performance of lactating sows

项目 Items	组别 Groups					平均标准误 SEM	P 值 P-value
	1	2	3	4	5		
母猪分娩体重 Sow weight after farrowing/kg	148.1	150.6	149.6	151.6	156.3	2.8	0.3877
产活仔数 Numbers of piglets born alive	11.1	10.6	10.6	11.1	11.2	0.6	0.9147
母猪断奶体重 Sow weight at weaning/kg	129.7^{b}	133.0^{b}	137.4^{ab}	138.7^{ab}	142.1^{a}	2.9	0.0493
母猪体重损失 Sow weight loss/kg	-18.4	-17.7	-12.3	-12.9	-14.1	1.8	0.0689
哺乳期日采食量 Daily feed intake during lactation/(kg/d)	3.12	3.13	2.80	2.85	3.07	0.1	0.0790
每日代谢能摄入量 Daily ME intake/(MJ/d)	42.10	42.22	37.76	38.54	41.42	1.4	0.0778
断奶至发情间隔 Weaning to estrus	4.80	4.78	4.10	3.89	5.00	0.5	0.4213

interval/d

同行数据肩标不同字母表示差异显著（$P<0.05$）。下表同。

Values with different letter superscripts within the same row differ significantly ($P<0.05$). The same as below.

由表 3 可知，仔猪平均初生重及其在哺乳期的死亡率在各组间无显著差异（$P>0.05$）。饲粮 SID Lys 水平对仔猪 15～28 日龄和 1～28 日龄平均日增重没有显著影响（$P>0.05$），但对 1～14 日龄平均日增重有显著影响（$P<0.05$），其中组 5 显著低于组 1、组 2 和组 3（$P<0.05$）。

表 3　饲粮赖氨酸水平对哺乳仔猪生长性能的影响

Table 3　Effects of dietary lysine levels on growth performance of suckling piglets

项目 Items	组别 Groups					平均标准误 SEM	*P* 值 *P*-value
	1	2	3	4	5		
仔猪头数 Numbers of piglets	97	102	105	98	97		
仔猪初生重 Piglet weight at birth/g	890	962	948	971	922	47	0.7434
1～14 日龄平均日增重 ADG from 1 to 14 days of age/(g/d)	186^{a}	175^{a}	190^{a}	163^{ab}	141^{b}	10	0.0099
15～28 日龄平均日增重 ADG from 15 to 28 days of age/(g/d)	186	170	192	186	195	12	0.5999
1～28 日龄平均日增重 ADG from 1 to 28 days of age/(g/d)	189	171	190	172	168	8	0.1649
死亡率 Mortality/%	12.52	10.61	9.01	14.27	13.39	4.96	0.9398

2.2　饲粮赖氨酸水平对哺乳母猪血清生化指标和激素水平的影响

由表 4 可知，不同饲粮 SID Lys 水平对哺乳第 14 天和第 28 天的血清总蛋白、葡萄糖、总胆固醇和 IgG 含量的影响均不显著（$P>0.05$）。血清白蛋白含量在哺乳第 14 天各组间也未见显著变化（$P>0.05$）；但在哺乳第 28 天，组 4 血清白蛋白含量显著高于组 1、组 2 和组 5（$P<0.05$）。血清尿素氮含量在哺乳第 14 天随饲粮 SID Lys 水平的提高均有不同程度的降低，

其中组 3～组 5 显著低于组 1（P<0.05）；进一步分析发现，二者之间存在显著的二次曲线关系：Y=14.9X^2-26.3X+14.0（r=0.87，P<0.01），当饲粮 SID Lys 水平为 0.88%时，哺乳第 14 天的血清尿素氮含量最低。但在哺乳第 28 天，各组间没血清尿素氮含量无显著差异（P>0.05），在数值上组 3 最低。

表 4　饲粮赖氨酸水平对哺乳母猪血清生化指标的影响

Table 4　Effects of dietary lysine levels on serum biochemical indices of lactating sows

项目 Items	组别 Groups					平均标准误 SEM	*P* 值 *P*-value
	1	2	3	4	5		
哺乳第 14 天 At 14th day of lactation							
总蛋白 TP/(g/L)	61.3	63.6	55.7	57.6	67.9	4.4	0.2865
白蛋白 ALB/(g/L)	30.8	30.6	26.6	29.6	32.0	2.2	0.4007
尿素氮 UN/(mmol/L)	3.43^{a}	3.31^{ab}	2.17^{c}	2.41^{c}	2.64^{bc}	0.26	0.0058
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	3.06	3.42	3.10	3.07	3.27	0.20	0.6883
总胆固醇 TC/(mmol/L)	1.78	1.71	1.35	1.14	1.56	0.19	0.1458
免疫球蛋白 G IgG/(g/L)	5.38	4.73	4.77	5.85	4.93	0.52	0.5817
哺乳第 28 天 At 28th of lactation							
总蛋白 TP/(g/L)	60.4	67.0	62.5	65.0	59.1	2.5	0.2321
白蛋白 ALB/(g/L)	27.8^{b}	28.8^{b}	32.4^{ab}	33.8^{a}	28.5^{b}	1.6	0.0308
尿素氮 UN/(mmol/L)	3.91	3.26	2.73	3.32	3.73	0.30	0.0954
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	3.20	3.13	3.87	3.42	3.27	0.40	0.6673
总胆固醇 TC/(mmol/L)	1.93	1.74	2.03	1.81	1.75	0.19	0.7728
免疫球蛋白 G IgG/(g/L)	5.48	4.16	5.34	5.22	5.35	0.57	0.5469

由表 5 可知，饲粮 SID Lys 水平对哺乳第 28 天的母猪血清胰岛素、类胰岛素样生长因子-Ⅰ、促黄体素和促卵泡素水平均无显著影响（P>0.05），但显著影响了血清雌二醇水平（P<0.05），组 4 显著高于组 1、组 2 和组 5（P<0.05）。进一步分析发现，血清雌二醇水平与饲粮 SID Lys 水平呈二次曲线变化：Y=-73.4X^2+122.1X-40.2（r=0.86，P<0.01），当饲粮 SID Lys 水平为 0.83%时，母猪血清雌二醇水平最高。而且，血清雌二醇水平与断奶至发情间隔的变化规律正好相反，相关分析发现二者之间存在显著的负相关（r=0.95，P<0.01）。

表 5　饲粮赖氨酸水平对哺乳母猪血清激素水平的影响

Table 5　Effects of dietary lysine levels on serum hormone levels of lactating sows

项目 Items	组别 Groups					平均标准误 SEM	P 值 P-value
	1	2	3	4	5		
胰岛素 INS/(μIU/mL)	13.4	10.8	15.8	12.3	13.9	1.6	0.3183
类胰岛素样生长因子-Ⅰ IGF-Ⅰ/(ng/mL)	148.2	136.9	146.4	135.8	139.1	16.0	0.9677
促黄体素 LH/(mIU/mL)	17.1	18.5	16.8	15.8	13.7	2.6	0.6913
促卵泡素 FSH/(mIU/mL)	8.50	6.35	7.90	7.31	6.69	0.67	0.1579
雌二醇 E2/(pg/mL)	7.13[c]	8.32[bc]	10.20[ab]	11.50[a]	7.84[bc]	0.86	0.0042

2.3　饲粮赖氨酸水平对哺乳母猪乳成分的影响

由表 6 可知，饲粮 SID Lys 水平对初乳中所观测的成分指标均没有显著影响（P>0.05），但初乳中的非脂固形物、乳脂、乳蛋白、乳糖含量及乳密度都明显高于常乳。常乳中乳脂和乳糖含量在各组间未见显著差异（P>0.05），但非脂固形物、乳蛋白含量及乳密度随饲粮 SID Lys 水平的提高均有不同程度的增加，组 4 和组 5 的非脂固形物含量显著高于组 1（P<0.05），组 3、组 4 和组 5 的乳蛋白含量和乳密度显著高于组 1（P<0.05）。可见，饲粮 SID Lys 水平可显著改变母猪常乳成分。

表 6　饲粮赖氨酸水平对哺乳母猪乳成分的影响

Table 6　Effects of dietary lysine levels on milk composition of lactating sows

项目 Items	组别 Groups					平均标准误 SEM	P 值 P-value
	1	2	3	4	5		
初乳 Colostrum							
乳脂 Milk fat/%	4.58	4.70	3.99	4.34	4.47	0.42	0.7991
非脂固形物 Solid of non-fat/%	21.5	20.8	21.6	21.7	21.2	0.63	0.8133
乳蛋白 Milk protein/%	8.17	7.91	8.25	8.29	8.05	0.25	0.8237
乳糖 Milk lactose/%	12.94	12.31	13.02	12.98	12.57	0.46	0.7620

乳密度 Milk density	83.13	80.17	84.86	84.68	81.97	2.87	0.7499
常乳 Ordinary milk							
乳脂 Milk fat/%	3.06	2.94	3.42	3.14	3.53	0.40	0.8247
非脂固形物 Solid of non-fat/%	12.10[b]	12.46[ab]	13.17[ab]	13.52[a]	13.58[a]	0.40	0.0490
乳蛋白 Milk protein/%	4.39[b]	4.63[ab]	4.90[a]	5.03[a]	5.07[a]	0.15	0.0192
乳糖 Milk lactose/%	7.65	7.70	8.06	8.23	8.27	0.20	0.1044
乳密度 Milk density	43.06[b]	46.00[ab]	48.54[a]	49.48[a]	48.93[a]	1.39	0.0146

3 讨论

3.1 饲粮赖氨酸水平对哺乳母猪生产性能的影响

哺乳母猪体组织损失过多是其繁殖性能降低的重要原因，还会缩短母猪的利用年限。研究表明，通过提高饲粮赖氨酸水平来增加哺乳母猪赖氨酸摄入量，可降低体贮蛋白的动员，减少母猪哺乳期体重损失，缩短断奶至发情间隔，进而改善母猪繁殖性能[4,8-9]。哺乳母猪在赖氨酸摄入量不足的情况下，适当提高饲粮赖氨酸水平可减少哺乳期体重损失，并有缩短断奶至发情间隔的趋势[9]。Shi 等[8]给长白×大白初产哺乳母猪饲喂 5 种不同 SID Lys 水平的饲粮，发现饲粮 SID Lys 水平对断奶至发情间隔及下一胎受胎率的影响不显著，但显著降低了母猪哺乳期的体重损失，且其变化规律呈二次曲线。本试验也发现，荣昌经产母猪哺乳期体重损失随饲粮 SID Lys 水平提高呈二次曲线变化，但各组间未见显著差异。造成以上结果差异的原因除品种外，还可能与胎次有关。Yang 等[10]对初产和经产哺乳母猪的研究发现，将饲粮总赖氨酸水平从 1.02%提高到 1.34%显著降低了不同胎次母猪哺乳期的体重损失，且初产母猪明显高于经产母猪。

本试验结果显示，在各组的产活仔数和初生重没有显著差异的情况下，荣昌哺乳母猪饲粮中添加 0.60%～1.00%SID Lys 对哺乳仔猪 1～28 日龄的平均日增重和死亡率都没有显著影响，这与 Shi 等[8]的试验结果类似，长白×大白泌乳母猪在起始窝重和带仔数不存在显著差异的条件下，饲粮添加 0.76%～1.14%SID Lys 对哺乳仔猪 1～28 日龄的窝增重和死亡率均没有显著影响。本试验还发现，当饲粮 SID Lys 水平提高到 1.00%时，仔猪 1～14 日龄的平均日增重出现显著下降，这与董志岩等[11]得到的饲粮赖氨酸超过 1.00%显著降低 21 日龄断奶

窝增重和平均日增重的研究结果相一致。

3.2 饲粮赖氨酸水平对哺乳母猪血清生化指标和激素水平的影响

血清尿素氮是动物体内蛋白质和氨基酸代谢的终产物，其含量的高低可作为评价哺乳母猪蛋白质或赖氨酸摄入量的重要指标[2,12]。本试验结果显示，饲粮 SID Lys 水平对荣昌母猪哺乳第 28 天的血清尿素氮含量的影响不显著，但显著影响了哺乳第 14 天的血清尿素氮含量，且随饲粮 SID Lys 水平升高呈二次曲线变化，这与 Coma 等[12]得到的的试验结果类似。本试验条件下，当饲粮 SID Lys 水平为 0.88%时，荣昌母猪哺乳第 14 天的血清尿素氮含量最低。

血清总蛋白含量是反映动物体内蛋白质代谢的一个重要指标，总蛋白含量高，说明沉积于体内的蛋白质越高；而血清白蛋白是血清总蛋白的主要成分，在一定程度上可以作为机体营养状态的评价指标[13-14]。本试验结果表明，饲粮 SID Lys 水平对哺乳母猪第 14 天和第 28 天的血清总蛋白含量、第 28 天的血清白蛋白含量都没有显著影响，但添加 0.90%SID Lys 显著提高了第 28 天的血清白蛋白含量，这与赵世明等[15]的试验结果类似，他们发现饲粮添加 0.80%～1.00%赖氨酸对哺乳母猪哺乳第 14 天和第 21 天的血清总蛋白含量、第 21 天的血清白蛋白含量都没有影响，但显著提高了哺乳第 21 天的血清白蛋白含量[15]。可见，饲粮赖氨酸对哺乳母猪血清白蛋白的影响主要体现在哺乳后期。

雌二醇是主要由卵巢分泌、活性最强的雌激素，也是评价卵巢功能的重要激素指标[16-17]。研究表明，哺乳母猪的血清雌二醇水平随饲粮总赖氨酸水平提高呈先升后降的变化趋势，当饲粮总赖氨酸水平提高到 1.00%时，出现显著下降[11]。本试验也发现，荣昌哺乳母猪的血清雌二醇水平受到饲粮 SID Lys 水平的显著影响，且呈二次曲线变化，当饲粮 SID Lys 水平为 0.83%时，母猪血清雌二醇水平最高。此外，本试验的母猪血清雌二醇水平与断奶至发情间隔时间呈显著的负相关，相关系数高达 0.95，提示哺乳期饲粮赖氨酸可通过改变体内性激素水平来影响母猪繁殖性能。本试验所观测的母猪血清胰岛素、类胰岛素样生长因子-Ⅰ、促黄体素、促卵泡素水平均不受饲粮 SID Lys 水平的显著影响，这与前人试验结果类似[8,18]。但董志岩等[11]研究表明，当饲粮赖氨酸水平超过 1.00%时，哺乳母猪血清胰岛素水平显著下降，究其原因目前还不清楚，尚需进一步探讨。

3.3 饲粮赖氨酸水平对母猪乳成分的影响

哺乳母猪摄入的赖氨酸主要用于产奶，以满足仔猪快速生长的需要。饲粮赖氨酸水平可通过影响血浆赖氨酸含量进而改变母乳成分[19-21]。从妊娠后期到哺乳期增加母猪饲粮赖氨酸水平，显著影响了初乳和常乳中的成分组成[3,10]。本试验结果显示，哺乳母猪饲粮中添加不同 SID Lys 水平对初乳成分没有显著影响，但显著改变了第 28 天的常乳成分，提示饲粮 SID

Lys 对乳成分的作用随母猪哺乳的进程而增强，这也佐证了 Tokach 等[22]的观点。

本试验发现，哺乳母猪饲粮中添加 0.90%～1.00%SID Lys 显著提高了第 28 天常乳中非脂固形物和乳蛋白含量，而乳脂和乳糖含量的变化不显著，这与前人试验结果[8,11]较为一致。当饲粮 SID Lys 水平提高到 0.94%～1.14%时，第 21 天常乳中干物质和蛋白质含量显著增加，而乳脂和乳糖没有明显改变[8]。董志岩等[11]也发现，饲粮添加 1.00%～1.05%赖氨酸显著提高了第 14 天常乳中总固形物和乳蛋白的含量，而对乳脂和乳糖含量没有显著影响。可见，哺乳母猪饲粮赖氨酸主要影响常乳的乳蛋白、总固形物或非脂固形物含量，而对乳脂和乳糖的影响不大。

4 结 论

饲粮添加适宜水平赖氨酸可在一定程度上减少荣昌哺乳母猪的体重损失，并显著影响母猪血清尿素氮、白蛋白、雌二醇水平及常乳成分。通过二次曲线模拟评估，荣昌哺乳母猪在本试验条件下的饲粮 SID Lys 适宜水平为 0.83%～0.89%，平均采食量为 3.0 kg/d，每天 SID Lys 需要量为 24.9～26.7 g。

参考文献：

[1] XUE L F,PIAO X S,LI D F,et al.The effect of the ratio of standardized ileal digestible lysine to metabolizable energy on growth performance,blood metabolites and hormones of lactating sows[J].Journal of Animal Science and Biotechnology,2012,3:11,doi:10.1186/2049-1891-3-11.

[2] SOLTWEDEL K T,EASTER R A,PETTIGREW J E.Evaluation of the order of limitation of lysine,threonine,and valine,as determined by plasma urea nitrogen,in corn-soybean meal diets of lactating sows with high body weight loss[J].Journal of Animal Science,2006,84(7):1734–1741.

[3] HEO S,YANG Y X,JIN Z,et al.Effects of dietary energy and lysine intake during late gestation and lactation on blood metabolites,hormones,milk compositions and reproductive performance in primiparous sows[J].Canadian Journal of Animal Science,2008,88(2):247–255.

[4] TOUCHETTE K J,ALLEE G L,NEWCOMB M D,et al.The lysine requirement of lactating primiparous sows[J].Journal of Animal Science,1998,76(4):1091–1097.

[5] YANG H,PETTIGREW J E,JOHNSTON L J,et al.Lactational and subsequent reproductive responses of lactating sows to dietary lysine (protein) concentration[J].Journal of Animal

Science,2000,78(2):348–357.

[6] NRC.Nutrient requirements of swine[S].11th ed.Washington,D.C.:National Academy Press,2012.

[7] KIM S W,OSAKA I,HURLEY W L,et al.Mammary gland growth as influenced by litter size in lactating sows:impact on lysine requirement[J].Journal of Animal Science,1999,77(12):3316–3321.

[8] SHI M,ZANG J J,LI Z C,et al.Estimation of the optimal standardized ileal digestible lysine requirement for primiparous lactating sows fed diets supplemented with crystalline amino acids[J].Animal Science Journal,2015,86(10):891–896.

[9] HUANG F R,LIU H B,SUN H Q,et al.Effects of lysine and protein intake over two consecutive lactations on lactation and subsequent reproductive performance in multiparous sows[J].Livestock Science,2013,157(2/3):482–489.

[10] YANG Y X,HEO S,JIN Z,et al.Effects of lysine intake during late gestation and lactation on blood metabolites,hormones,milk composition and reproductive performance in primiparous and multiparous sows[J].Animal Reproduction Science,2009,112(3/4):199–214.

[11] 董志岩,刘亚轩,刘景,等.饲粮赖氨酸水平对泌乳母猪生产性能、血清指标和乳成分的影响[J].动物营养学报,2014,26(3):605–613.

[12] COMA J,ZIMMERMAN D R,CARRION D.Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a rapid response criterion[J].Journal of Animal Science,1996,74(5):1056–1062.

[13] 蒋亚东.荣昌母猪妊娠期标准回肠可消化赖氨酸适宜需要量研究[D].硕士学位论文.重庆:西南大学,2016.

[14] 魏立民,孙瑞萍,郑心力,等.日粮赖氨酸水平对海南黑猪生产性能和血清生化指标的影响[J].广东农业科学,2014,41(3):115–117,130.

[15] 赵世明,高振川,姜云侠,等.泌乳母猪饲粮适宜赖氨酸水平的初步研究[J].畜牧兽医学报,2001,32(3):206–212.

[16] GERRITSEN R,LAURENSSEN B F A,HAZELEGER W,et al.Cystic ovaries in intermittently-suckled sows:follicle growth and endocrine profiles[J].Reproduction,Fertility and Development,2014,26(3):462–468.

[17] YANG H,FOXCROFT G R,PETTIGREW J E,et al.Impact of dietary lysine intake during

lactation on follicular development and oocyte maturation after weaning in primiparous sows[J].Journal of Animal Science,2000,78(4):993–1000.

[18] 时梦.初产母猪适宜标准回肠可消化赖氨酸与苏氨酸需要量的研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业大学,2013.

[19] GUAN X F,BEQUETTE B J,KU P K,et al.The amino acid need for milk synthesis is defined by the maximal uptake of plasma amino acids by porcine mammary glands[J].The Journal of Nutrition,2004,134(9):2182–2190.

[20] HURLEY W L,WANG H,BRYSON J M,et al.Lysine uptake by mammary gland tissue from lactating sows[J].Journal of Animal Science,2000,78(2):391–395.

[21] KING R H,TONER M S,DOVE H,et al.The response of first-litter sows to dietary protein level during lactation[J].Journal of Animal Science,1993,71(9):2457–2463.

[22] TOKACH M D,PETTIGREW J E,CROOKER B A,et al.Quantitative influence of lysine and energy intake on yield of milk components in the primiparous sow[J].Journal of Animal Science,1992,70(6):1864–1872.

Study on Optimal Requirement of Standard Ileal Digestible Lysine for *Rongchang* Lactating Sows

HUANG Jinxiu[1] WANG Ruisheng[1*] JIANG Yadong[2] WANG Jing[1] XIAO Rong[1] JIANG Shan[1] LIU Zuohua[1] YANG Feiyun[1**]

（1. *Key Laboratory of Pig Industry Sciences, Ministry of Agriculture, Chongqing Key Laboratory of Pig Industry Sciences, Chongqing Academy of Animal Science, Chongqing* 402460, *China;* 2. *Daxing Town Agricultural Service Center of Bishan District in Chongqing, Chongqing* 402768*, China*）

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of dietary lysine levels on the performance, blood indices and milk composition of *Rongchang* sows during the lactation, in order to estimate the standard ileal digestible lysine (SID Lys) requirement for *Rongchang* lactating sows. A total of 50 *Rongchang* sows (2 to 3 parities and proximity of descent) were divided randomly into 5 groups according to the body condition on the day 110 of gestation with 10 replicates in each group and 1 pig in each replicate. Sows in five groups were fed five diets with different SID Lys levels of 0.60% (group 1), 0.70% (group 2), 0.80% (group 3), 0.90%

(group 4) and 1.00% (group 5), respectively. The lactation period was 28 days. The results showed as follows: 1) increasing dietary SID Lys levels tended to decrease sow weight loss during lactation (P=0.0689). High level of dietary SID Lys (1.00%) could significantly decrease the average daily gain of piglets during 1 to14 days of age compared with 0.60% to 0.80% SID Lys (P<0.05), but had no effects on the growth of piglets during the 28-day lactation (P>0.05). 2) Serum urea nitrogen contents of sows at the 14th day of lactating declined variously with dietary SID Lys level increasing, and those in group 3 to group 5 were significantly lower than that in group 1 (P<0.05). Dietary SID Lys levels had no significant effects on serum levels of insulin, insulin-like growth factor-Ⅰ, luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone of sows at the 28th day of lactation (P>0.05), but significantly influenced serum estradiol level which in group 4 was significantly higher than those in group 1, 2 and 5 (P<0.05). Dietary SID Lys levels had no effects on colostrum composition (P>0.05), while the contents of solid of non-fat and protein and the milk density in influenced ordinary milk were increased variously with dietary SID Lys level increasing, and those in group 4 and group 5 were significantly higher than that in group 1 (P<0.05). Quadratic plot analysis of body weight loss, serum contents of urea nitrogen and estradiol indicates that dietary SID Lys requirement is from 0.83% to 0.89% for *Rongchang* lactating sows.

Key words: lysine; performance; blood indices; milk composition; *Rongchang* lactating sow

*Contributed equally

**Corresponding author, professor, E-mail: yfeiyun@yeah.net (责任编辑　田艳明)